



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA**

PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSAS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA – PIBIC

**MANUTENÇÃO DA FIRMEZA DE FRUTOS INTACTOS E MINIMAMENTE
PROCESSADOS UTILIZANDO PECTINAMETILESTERASE (PME) E CÁLCIO**

**Uso de PME e cálcio para a manutenção da qualidade de frutos intactos e
minimamente processados**

Área do conhecimento: Ciências Agrárias
Subárea do conhecimento: Ciências dos Alimentos
Especialidade do conhecimento: Fisiologia Pós-Colheita

Relatório Final
Período da bolsa: de 08/2019 a 07/2020

Este projeto é desenvolvido com bolsa de iniciação científica

PIBIC/CNPq

Orientador: Marcelo Augusto Gutierrez Carnelossi
Autor: Natália Reis Soares

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	4
2. OBJETIVOS.....	6
2.1. Geral	6
2.2. Específicos.....	6
3. METODOLOGIA	7
3.1. Processamento mínimo.....	7
3.2. Infusão e tratamentos.....	7
3.3. Embalagem e armazenamento	8
3.4. Análises bioquímicas e físico-químicas	9
3.4.1.Determinação de metanol.....	9
3.4.2.Determinação de ácido galacturônico total	10
3.4.3.Determinação de firmeza	10
3.4.4. Integridade celular – Vazamento eletrolítico	11
3.4.5. pH.....	11
3.4.6.Sólidos solúveis.....	12
3.4.7.Acidez titulável	12
3.4.8.Vitamina C	12
3.4.9.Determinação de danos	12
3.4.10.Determinação de frescor.....	13
3.4.11.Determinação da contaminação	13
3.5. Análise Estatística.....	13
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	13
4.1. Firmeza do mamão minimamente processado com impregnação a vácuo de pectinametilesterase (PME) e lactato de cálcio.....	13
4.2. Teor de metanol e de ácido galacturônico no mamão minimamente processado com impregnação a vácuo de pectinametilesterase (PME) e lactato de cálcio	16
4.3. Integridade celular do mamão minimamente processado com impregnação a vácuo de pectinametilesterase (PME) e lactato de cálcio	18
4.4. Vitamina C do mamão minimamente processado com impregnação a vácuo de pectinametilesterase (PME) e lactato de cálcio.....	19
4.5. Acidez titulável, pH e sólidos solúveis do mamão minimamente processado com impregnação a vácuo de pectinametilesterase (PME) e lactato de cálcio	20
4.6. Frescor, danos e contaminação do mamão minimamente processado com impregnação a vácuo de pectinametilesterase (PME) e lactato de cálcio	23
5. CONCLUSÕES.....	27

6.	PERSPECTIVAS	27
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27
8.	OUTRAS ATIVIDADES.....	32

1. INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) é uma das principais fruteiras presentes nas regiões tropicais e subtropicais do planeta, sendo seu fruto consumido tanto na forma in natura quanto industrializado. O Brasil é segundo maior produtor mundial de mamão, estando entre os maiores países exportadores, tendo como foco principal o mercado europeu. As regiões Nordeste e Sudeste são responsáveis pelo maior quantitativo da produção, destacando-se os estados da Bahia, Espírito Santo, Rio Grande do Norte e Ceará (DANTAS *et al.*, 2013).

As variedades de mamoeiro são divididas em dois grupos, *Solo* e *Formosa*, sendo que o grupo *Solo* apresenta frutos com peso médio que variam de 350 g a 600 g, enquanto o *Formosa* apresentam frutos com peso médio entre 800 g e 1100 g (DANTAS *et al.*, 2013). Os frutos do grupo *Formosa* são bem aceitos pelos consumidores em função da qualidade de sua polpa, no entanto é pouco conveniente para uso individual, pois são frutos grandes e que necessitam de um preparo antes do consumo, como descasque, corte e eliminação das sementes. Desta forma, o produto minimamente processado torna o consumo prático e agrega valor ao produto final (TEXEIRA *et al.*, 2001; CHAVES *et al.*, 2011).

O hortifrutícola minimamente processado é definido como o produto que sofreu operações físicas como lavagem, descasque, seleção e corte de modo a preservar seu frescor, oferecendo conveniência e qualidade nutricional ao consumidor. O processamento visa a eliminação de partes não comestíveis como casca, talos e sementes, seguido de fracionamento em tamanhos menores, garantindo a qualidade e a sanidade do produto. Este tipo de processamento tem possibilitado a redução de perdas pós-colheita, melhorando o manejo dos resíduos, o transporte e a redução de problemas de ordem fitossanitária (DURIGAN, 2000; SILVA *et al.*, 2011).

A qualidade de um produto é determinada por diversos fatores que vão definir a aceitação por parte do consumidor (SHEWFELT, 1999). A qualidade dos frutos, por exemplo, está relacionada à minimização da taxa de deterioração, manutenção das características normais do produto como textura, cor, sabor e aroma, de forma a mantê-los atraentes ao consumidor pelo maior tempo possível (LIMA *et al.*, 1996; ANTUNES *et al.*, 2006). Quando se colhe um fruto, o mesmo continua a respirar e passar por uma série de transformações endógenas, que vão refletir em várias mudanças nas suas características (ABREU *et al.*, 1998; ANTUNES *et al.*, 2006).

A textura dos alimentos é um dos fatores mais importantes que determinam a aceitação do produto por parte do consumidor, podendo ser um aspecto limitante de

aceitação quando o alimento se encontra muito diferente daquilo que o consumidor espera (NEVES, 2012). A firmeza da polpa dos frutos desempenha um papel fundamental na vida útil destes a pós colheita (GIONGO *et al.*, 2013).

O processo de amadurecimento é acompanhado pela perda de firmeza, provocado por alterações nos polissacarídeos que compõem a parede celular, como celulose, hemicelulose e pectina. As alterações na composição e estruturas da parede celular é resultante da atuação de algumas enzimas endógenas do fruto (MA *et al.*, 2017; ZHANG *et al.*, 2019). O amolecimento está relacionado a despolimerização e solubilização de substâncias pécticas presentes na parede celular (BANJONGSINSIRI *et al.*, 2004).

A diminuição da firmeza da polpa durante o amadurecimento é atribuída a ação da poligalacturonase (PG; EC 3.2.1.15) e da pectinametilesterase (PME; EC 3.1.1.11) presentes na parede celular (PG) (FONTES *et al.*, 2008). A pectinametilesterase catalisa a desmetilação da pectina, danificando os elos horizontais de cálcio da cadeia polissacarídica ácida, levando a separação celular, resulta em um maior número de grupos ácido carboxílicos, que facilita a atuação da poligalacturonase. A PG atua hidrolisando o ácido da pectina, causando a degradação da pectina, a dissolução da parede celular e o amaciamento do fruto (BRUMMELL *et al.*, 2004).

A desmetilação da pectina provocada pela ação da PME pode melhorar a textura de frutas e vegetais, uma vez que os grupos carboxílicos resultantes desse processo ao interagir com íons divalentes como o Ca^{+2} , formam uma rede mantendo a estabilidade da pectina e a estrutura da parede celular (GUILLEMIN *et al.*, 2008; KOHLI *et al.*, 2015). O cálcio forma ligações covalentes com a homogalacturonana, fortalecendo assim a parede celular (AGHDAM *et al.*, 2012). Na parede celular das plantas, o cálcio suprime o declínio da qualidade, preserva a integridade e reduz a permeabilidade da membrana celular durante o armazenamento (AGUAYO *et al.*, 2015).

As aplicações de cálcio têm sido utilizadas por produzirem efeitos benéficos sobre a textura dos frutos frescos (YANG *et al.*, 2017). O processo de desesterificação da pectina pela PME e subsequente associação ao cálcio forma o complexo conhecido como “caixa de ovos”, que atua como um cimento, proporcionando firmeza ao vegetais (AGHDAM *et al.*, 2012). A técnica que tem sido utilizada para a aplicação de cálcio e PME exógena a frutos é a impregnação a vácuo, que consiste na troca de gás e líquidos nativos com uma solução de impregnação sob a ação do mecanismo hidrodinâmico (DEROSSA *et al.*, 2013).

Recentemente, estudos têm sido feitos aplicando-se CaCl_2 em damascos (LIU *et al.*, 2017) e goiabas (WERNER *et al.*, 2009) ou utilizando a infusão a vácuo de PME + cálcio em matrizes vegetais como maçãs (GUILLEMIN *et al.*, 2008), mangas (BANJONGSINSIRI *et al.*, 2004), morangos (FRAEYE *et al.*, 2009) e maçãs, morangos e framboesas (DEGRAEVE *et al.*, 2003).

Yang *et al.* (2017) avaliaram como a impregnação a vácuo de PME e/ou cálcio poderia melhorar os atributos de qualidade do mamão minimamente processado, e verificaram que a combinação de PME e lactato de cálcio foi mais eficaz em melhorar a firmeza dos frutos do que infusão apenas de cálcio, melhorando a dureza do fruto quando armazenado por 8 dias. Carnelossi *et al.* (2018), verificaram que a infusão a vácuo de PME + Ca^{2+} em morangos minimamente processados resultou em diminuição da pectina e aumento da firmeza.

Sirijariyawat *et al.* (2012) investigaram como a infusão de pectinametilesterase e cálcio poderia melhorar a textura de mangas frescas e congeladas, confirmando o efeito combinado desses compostos no melhoramento da microestrutura da manga. Além disso, observou-se que o nível de vácuo durante o processo de infusão afeta as propriedades dos cubos de manga.

Paixão (2016) avaliou a ação da pectinametilesterase e do cloreto de cálcio no controle da firmeza do pimentão, e verificou que a infusão a vácuo com cloreto de cálcio a 7% em pimentão mantém a firmeza e as características físico-químicas aceitáveis do pimentão cv. Yolo Wonder, porém observou que a aplicação de PME + CaCl_2 não promove a manutenção da firmeza de maneira desejável.

2. OBJETIVOS

2.1.Geral

Avaliar o efeito da infusão de pectinametilesterase (PME) e/ou do cálcio na manutenção da firmeza de frutos intactos e minimamente processados de forma a manter a qualidade e a integridade celular do produto, bem como aumentar a vida útil destes.

2.2.Específicos

Definir e caracterizar os frutos a serem estudados.

Determinar as características químicas e bioquímicas (firmeza, teor de metanol, teor de ácido galacturônico, vitamina C, integridade celular, pH, acidez titulável, sólidos

solúveis, danos e frescor) dos frutos intacto e minimamente processado durante o armazenamento pós-colheita, após a aplicação de PME e cálcio.

Estudar a influência da infusão de PME e cálcio durante o período de armazenamento dos frutos tropicais intacto e minimamente processado.

3. METODOLOGIA

O mamão da variedade *Formosa* foi fruto selecionado para ser estudado como fruto minimamente processado, após alguns testes realizados em laboratório. Os mamões foram adquiridos na Central Estadual de Abastecimento na cidade de Aracaju (SE) e transportados até o Laboratório de Frutas e Hortaliças do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Sergipe.

Os frutos utilizados neste estudo foram escolhidos em função da safra, época em que os frutos são encontrados com maior disponibilidade nos mercados, feiras, ceasas, dentre outros.

3.1. Processamento mínimo

Os mamões foram selecionados com base na integridade física, aparência e ausência de danos mecânicos. Após a recepção, os frutos foram lavados em água corrente com o auxílio de detergente neutro e em seguida foram sanitizados em uma solução aquosa de cloro na concentração de 200 ppm a temperatura de 5°C por 10 minutos. Posteriormente, promoveu-se a remoção das cascas e o corte manual em cubos. Os cubos de mamão foram sanitizados em uma solução aquosa de cloro a 5°C na concentração de 5 ppm por 3 minutos. Decorrido este tempo, procedeu-se a rinsagem em peneiras de uso doméstico para retirada do excesso de água.

3.2. Infusão e tratamentos

O mamão passou pelo processo de infusão a vácuo em um dessecador com manômetro acoplado a uma bomba de vácuo. O processo consistiu na disposição de 85 g de mamão minimamente processado em béqueres de 250 mL com 125 mL de solução aquosa (Figura 1). No processo foi aplicado uma pressão de 33 KPa ou 250 mmHg durante 10 minutos, sendo realizado os seguintes tratamentos: controle (sem infusão); infusão apenas com água; infusão com solução aquosa contendo PME comercial (10 UI); infusão com

solução aquosa contendo PME comercial e Ca^{+2} (lactato de cálcio); e infusão com solução aquosa contendo apenas Ca^{+2} (lactato de cálcio).

Figura 1. Processo de impregnação a vácuo do mamão minimamente processado.



Fonte: autoria própria.

A enzima pectinametilesterase comercial (NovoShape) utilizada, possui uma atividade declarada de 10 PEU/mL, fabricada pela Novozymes, Denmark. A concentração empregada foi a recomendada pelo fabricante, sendo 1 mL/kg de fruta. A concentração de lactato de cálcio ($\text{C}_6\text{H}_{10}\text{CaO}_6$), foi determinada com base na literatura científica (BATISTA, 2015; CARNELOSSI *et al.*, 2018), sendo estabelecida a concentração de 1%.

Após o processo de infusão, a solução foi escoada e o fruto minimamente processado sofreu um novo processo de rinsagem, com o auxílio de peneiras domésticas, antes de ser embalado e armazenado.

3.3.Embalagem e armazenamento

Os mamões minimamente processados, após infusão e rinsagem, foram acondicionados em embalagens de polipropileno e armazenados em expositor vertical com circulação de ar (Springer) a temperatura de 5°C durante 8 dias, sob umidade relativa de 78-82%. Amostras foram coletadas nos tempos 0, 4 e 8 dias para realização das análises bioquímicas e físico-químicas, sendo previamente trituradas e homogeneizadas com o auxílio do equipamento Sorvall Ominimixer e armazenadas a -18°C até o momento das análises.

As análises de determinação de firmeza, integridade celular, frescor, danos e contaminação foram realizadas na amostra *in natura*, ou seja, antes do processo de congelamento. Foram realizados testes prévios na amostra *in natura* e após o congelamento para verificar a ocorrência de degradação dos compostos a serem quantificados, caso a amostra fosse congelada para análise posterior. Não foi reportado diferenças entre os resultados coletados para a amostra congelada e/ou *in natura*.

3.4. Análises bioquímicas e físico-químicas

A primeira parte deste estudo consistiu na adaptação das metodologias a serem utilizadas no desenvolvimento do projeto. Foram realizados testes laboratoriais para adequar as metodologias de quantificação de ácido galacturônico e metanol, visando a utilização direta do fruto na forma *in natura*, substituindo a análise prévia de sólidos insolúveis em álcool (AIS), que demanda uma grande quantidade de reagentes como acetona e etanol. Foram realizadas modificações com relação a massa da amostra empregada em ambas as análises e a metodologia de quantificação de metanol foi acrescida por mais duas etapas.

3.4.1. Determinação de metanol

A análise foi realizada conforme metodologia descrita por Wood e Siddiqui (1971), com adaptações. Para realização da análise 250 mg da amostra *in natura* foram suspendidas em 2 mL de água destilada. Após sonicar por 10 minutos, foi acrescentado 0,8 mL de NaOH 2M para desesterificação. Em seguida, a amostra foi incubada a 20°C com agitação ocasional. Procedeu-se então a neutralização com a adição de 0,8 mL de HCl 2M, equilibrado a temperatura de 25°C em banho de água por 15 minutos. Logo após, a amostra foi centrifugada a 8000 rpm por 10 minutos a temperatura ambiente, para que o sobrenadante pudesse ser recolhido.

Para quantificação de metanol, uma alíquota de 1 mL do preparado da amostra acima foi recolhido e colocado em um tubo de ensaio com 1 mL de H₂SO₄ 1,0 N. Os tubos de ensaio foram resfriados em banho de água gelada e procedeu-se a adição de 0,2 mL de permanganato de potássio 0,2%, evitando que a solução respingasse nas paredes dos tubos. Misturou-se suavemente e manteve-se em banho de gelo por 15 minutos. Posteriormente foram adicionados 0,2 mL de solução de arseniato de sódio 0,5 M em H₂SO₄ 0,12N. Em seguida, adicionou-se 0,6 mL de água destilada, permanecendo durante 1 hora a temperatura ambiente. Logo após, adicionou-se 2 mL da solução de acetilacetona 0,02 M dissolvida em uma solução contendo acetato de amônio 2M e ácido acético 0,05M, os tubos foram agitados,

tampados com “bolinhas de gude” e aquecidos em banho-maria a temperatura de 58-60°C por 15 minutos. Após o aquecimento, a amostra foi centrifugada a 10000 rpm por 10 minutos, para deposição do precipitado no fundo do tubo, seguida da leitura da absorbância em espectrofotômetro a 412 nm.

Para a construção da curva padrão de metanol foram empregadas as seguintes concentrações 0, 1,5, 2,5, 3,5, 4,5, 6 e 7 mg/mL de álcool metílico, gerando $R^2=0,9749$.

3.4.2.Determinação de ácido galacturônico total

Para quantificação de ácido galacturônico utilizou-se a metodologia descrita por Ahmed e Labavitch (1977), com adaptações. O preparo da amostra consistiu na pesagem de 100 mg da amostra *in natura* em um béquer de 20 mL contendo uma barra de agitação magnética. Em seguida, adicionou-se ao béquer 2 mL de ácido sulfúrico refrigerado e 0,5 mL de água destilada gelada, promovendo-se agitação suave durante 5 minutos. Foi acrescentado mais 0,5 mL de água destilada gelada, seguido por mais 10 minutos de agitação. Posteriormente foi adicionado 17 mL de água destilada gelada para completar o volume do béquer.

Para a análise de ácido galacturônico total foi coletada uma alíquota de 0,5 mL da amostra contida no béquer acima, colocando-a em tubos de ensaio previamente resfriados em banho de água com gelo. Logo após, foi adicionado 3,6 mL da solução de tetraborato de sódio 0,0125 M em ácido sulfúrico refrigerado e depois promoveu-se a mistura. Os tubos foram aquecidos em banho de água fervente durante 5 minutos e resfriados em água corrente. Após serem resfriados, foi adicionado 60 µL da solução de m-hidroxidifenil 0,15% em NaOH 0,5%. Procedeu-se uma rápida homogeneização e realizou-se a leitura da absorbância em espectrofotômetro a 520 nm.

Para a construção da curva padrão de ácido galacturônico foram empregadas as seguintes concentrações 0, 10, 20, 30, 40, 50 µg/mL de ácido galacturônico monohidratado, obtendo $R^2=0,9954$.

3.4.3.Determinação de firmeza

A determinação de firmeza foi realizada no Laboratório de Análise de Flavor da Universidade Federal de Sergipe com o auxílio do equipamento Brookfield CT3 Texture Analyzer conectado a um computador utilizando o programa TexturePro CT V1.2 Build 9 com aplicação do teste tipo TPA. O teste foi realizado utilizando uma sonda de alumínio de 5,0 mm de diâmetro a uma velocidade de 0,5 mm/s (Figura 2). A distância de deformação

utilizada foi 3,0 mm e a carga de disparo empregada foi 0,06 N. A firmeza foi determinada em triplicata por tratamento e o resultado foi expresso em Newton (N).

Figura 2. Determinação da firmeza do mamão minimamente processado.



Fonte: autoria própria.

3.4.4. Integridade celular – Vazamento eletrolítico

A análise de integridade celular foi realizada conforme metodologia descrita por Villalta e Sargent (2004). Inicialmente a amostra foi cortada em cubos (5mm-2mm), seguida da pesagem de 2 g. Após a pesagem, a amostra foi lavada com água destilada em papel de filtro, colocada em tubos de centrífuga (50 mL) e acrescidos de 35 mL de solução isotônica de manitol 0,6 M a 23°C por 4 horas. Decorrido este tempo, foi feita a determinação da condutividade e as amostras foram congeladas (24 h a -20°C). Posteriormente, as amostras foram descongeladas e aquecidas em água fervente por 30 minutos. Após esfriar a temperatura ambiente a condutividade foi determinada novamente, sendo o fluxo eletrolítico expresso como uma porcentagem do total de eletrólitos teciduais.

3.4.5. pH

Pesou-se 10 g da amostra em um béquer e diluiu-se com auxílio de 100mL de água destilada. A mistura foi agitada até que as partículas ficassem uniformemente suspensas. O pH foi determinado com um pHmetro de bancada, previamente calibrado, operando-o de acordo com as instruções do manual do fabricante (IAL, 2008).

3.4.6.Sólidos solúveis

A determinação de sólidos solúveis (°BRIX) foi feita pela adição de algumas gotas da amostra homogeneizada sobre o prisma do refratômetro digital e o valor relatado foi anotado. Antes das leituras o refratômetro foi calibrado com água destilada (JACOMINO *et al.*, 2011).

3.4.7.Acidez titulável

Para determinação da acidez titulável pesou-se 10 g da amostra em um erlenmeyer de 250 mL, diluiu-se com 100 mL de água destilada e acrescentou-se 3 gotas do indicador fenolftaleína 1%. A amostra foi titulada com solução de hidróxido de sódio 0,1 M sob agitação constante, até coloração rósea persistente por 30 minutos. O resultado foi expresso em porcentagem de ácido cítrico (IAL, 2008).

3.4.8.Vitamina C

O teor de vitamina C foi determinado de acordo com metodologia descrita pela American Official Analysis of Chemistry (AOAC, 1992), com adaptações. Inicialmente pesou-se 5g da amostra em um béquer e homogeneizou-se com a solução de extração, ácido oxálico 2%. Posteriormente a amostra foi filtrada com o auxílio de um papel filtro para um balão volumétrico de 50mL e o volume do balão foi completado com a solução de extração. Em seguida, coletou-se 7mL da solução do balão, transferindo-a para um erlenmeyer de 50mL e titulou-se com a solução 2,6-diclorofenolindofenol - DCPIP, até a formação de uma coloração rósea persistente. Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico/100g de matéria fresca.

Antes da titulação, a solução de DCPIP foi padronizada com o auxílio de uma solução padrão de ácido ascórbico (AA), preparada com 50 mg de ácido ascórbico dissolvidos em 50 mL da solução de extração. Para a padronização foi transferido 2 mL da solução de ácido ascórbico para um erlenmeyer contendo 5 mL de solução de extração e procedeu-se a titulação com a solução de DCPIP.

3.4.9.Determinação de danos

A determinação de danos foi realizada com base na metodologia de Jacomino *et al.* (2011). A análise consistiu na contagem do número de cubos de mamão minimamente processados que apresentavam algum tipo de dano mecânico pós-colheita. O resultado foi expresso em porcentagem em relação ao total de cubos de mamão presentes na embalagem.

3.4.10.Determinação de frescor

A análise de frescor baseou-se na metodologia descrita por Jacomino *et al.* (2011). O fruto foi classificado para avaliação de frescor de acordo com a seguinte escala: 9 = excelente (aparência fresca por completo, alto brilho); 7 = bom (ainda parece fresco, ainda brilhante); 5 = justo (não tem aparência fresca, baixo brilho, limite de liquidez); 3 = pobre (maçante, limite de usabilidade); 1 = extremamente pobre (aparência murcha). Os resultados foram expressos como a média das repetições por tratamento.

3.4.11.Determinação da contaminação

Para a determinação da contaminação empregou-se a metodologia descrita por Jacomino *et al.* (2011). Os cubos de mamão minimamente processados que apresentavam incidência de podridão pós-colheita e/ou a presença de fungos visíveis foram contabilizados e os resultados foram expressos em porcentagem em relação ao número total de cubos por tratamento.

3.5.Análise Estatística

Para o fruto minimamente processado foi empregado um delineamento inteiramente casualizado montado no esquema fatorial 5 x 3 (5 tratamentos e 3 tempos), com três repetições por tratamento. Os dados coletados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), expressos com média \pm desvio padrão, com o auxílio do programa computacional Sisvar 5.7.

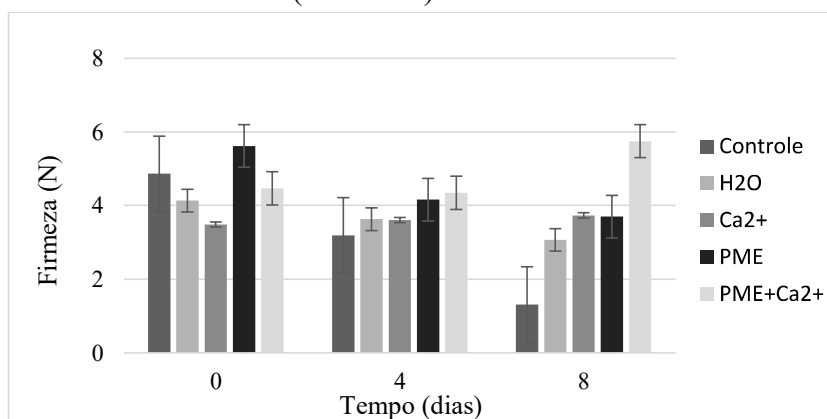
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1.Firmeza do mamão minimamente processado com impregnação a vácuo de pectinametilesterase (PME) e lactato de cálcio

Após o processo de impregnação a vácuo, todos os tratamentos apresentaram diminuição da firmeza quando comparados a amostra controle no tempo 0, com exceção dos cubos de mamão impregnados apenas com PME (Figura 3). A diminuição da firmeza, nesse primeiro momento, é explicada pela diferença de pressão ao qual os cubos de mamão são submetidos quando o vácuo é aplicado, seguida da restauração da pressão atmosférica, essa mudança enfraquece as estruturas celulares (GUILLEMIN *et al.*, 2008; YANG *et al.*, 2017). Em contra partida, o aumento momentâneo da firmeza no tratamento apenas com PME pode ter acontecido em função da ação da PME exógena associado ao cálcio endógeno presente

na matriz do fruto. Porém, como os íons endógenos de cálcio são insuficientes para se ligar a todos os grupos carboxila livres liberados pela ação da PME, após o aumento momentâneo da firmeza, ocorre o subsequentemente o amolecimento do mamão (LARA *et al.*, 2004).

Figura 3. Firmeza dos cubos de mamão minimamente processados após a infusão (dia 0) e durante o armazenamento (4 e 8 dias).



Tratamentos: Controle – sem infusão; H₂O – infusão com água; Ca²⁺ - infusão com lactato de cálcio; PME – infusão com a enzima pectinametilesterase e PME+Ca²⁺ - infusão com a enzima pectinametilesterase e o lactato de cálcio.

A firmeza dos cubos de mamão minimamente processados diminuiu em função do tempo para todos os tratamentos aplicados, com exceção dos mamões tratados com PME+Ca₆H₁₀CaO₆ e apenas Ca₆H₁₀CaO₆ (Figura 3). Verificou-se que o mamão tratado com a combinação enzima + cálcio apresentou um aumento da firmeza no oitavo dia de armazenamento em comparação aos demais tratamentos, diferindo significativamente ($p < 0,05$) em relação ao tratamento controle. Esse resultado demonstra que o tratamento PME+Ca₆H₁₀CaO₆ foi eficiente na manutenção e no aumento da firmeza do mamão ao longo do armazenamento.

O aumento da firmeza ocorre uma vez que a enzima pectinametilesterase realiza a quebra das cadeias de ácido galacturônico, os grupamentos de metanol da pectina são hidrolisados e em seguida ocorre a ligação do cálcio com os grupos de ácidos carboxílicos mantendo a estrutura da parede, tornando-a mais firme (GUILLEMIN *et al.*, 2008; BATISTA, 2015).

Durante o amadurecimento da fruta, a perda de firmeza está associada a diminuição do conteúdo total de pectina e a mudanças nas estruturas da parede celular e da lamela média. As principais enzimas envolvidas neste processo são a pectinametilesterase (PME) e a poligalacturonase (PG). A enzima PME catalisa a desmetilação da pectina resultando em um

maior número de ácidos carboxílicos, que servem de substrato para atuação da PG, que degrada a pectina, provocando a dissolução da parede celular e o amaciamento do fruto. No entanto a desmetilação da pectina pode proporcionar a firmeza do tecido vegetal, uma vez que os grupos carboxílicos livres podem associar-se aos íons de Ca^{2+} e formar um rede fortificante (BRUMMELL *et al.*, 2004; CARNELOSSI *et al.*, 2018; ZHANG *et al.*, 2019). Esse processo de desesterificação da pectina pela PME e subsequente associação ao cálcio forma o complexo conhecido como “caixa de ovos”, que atua como um cimento, proporcionando firmeza aos vegetais (AGHADAM *et al.*, 2012).

A amostra controle apresentou diminuição gradativa da firmeza, diferindo significativamente ($p < 0,05$) ao longo do tempo, uma vez que a atividade da enzima poligalacturonase é elevada em mamões recém cortados, quando comparada aos frutos intactos, em função do aumento da produção de etileno e de danos provocados pelos cortes (KARAKURT; HUBER, 2003).

O tratamento com o $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{CaO}_6$ conseguiu manter a firmeza do mamão minimamente processado alcançado após a impregnação a vácuo ao longo dos 8 dias de armazenamento, porém o tratamento combinado com a enzima pectinametilesterase mostrou-se mais eficiente pois além de manter, conseguiu aumentar a firmeza ao longo do armazenamento. O lactato de cálcio pode inibir a PME endógena e/ou promover maior conformação "caixa de ovo" dificultando a atividade da PME presente na matriz vegetal (AGHADAM *et al.*, 2012).

Resultados semelhantes foram encontrados no estudo realizado por Yang *et al.* (2017) utilizando impregnação a vácuo de lactato de cálcio e pectinametilesterase em mamões frescos cortados do cultivar “Sekaki” a 5 KPa. Foi observado que a firmeza de todos os mamões tratados com impregnação a vácuo caiu logo após o processo. As amostras tratadas apenas com cálcio mantiveram a dureza ao longo do armazenamento e as amostras submetidas ao tratamento $\text{PME} + \text{C}_6\text{H}_{10}\text{CaO}_6$ elevou a dureza durante os 8 dias de armazenamento, quando comparado a dureza da amostra controle.

Nos trabalhos de Banjongsinsiri *et al.*, (2004) e de Batista (2015) foram realizadas infusões a vácuo de PME e cloreto de cálcio (CaCl_2) em mangas frescas minimamente processadas, sendo que ambos observaram um aumento e manutenção da firmeza ao longo do tempo. Batista (2015) relatou uma firmeza de 0,81 N no oitavo dia de armazenamento para os cubos de manga tratados com $\text{PME} + \text{CaCl}_2$ e 0,27 N para os cubos de manga controle, sendo observadas diferenças significativas ($p < 0,05$) entre estes tratamentos, em todos os tempos analisados.

Nos estudos citados acima, a fonte de cálcio empregada para manutenção e firmeza da manga minimamente processada, foi o cloreto de cálcio, no entanto estudos relatam que este composto confere um amargor aos alimentos devido ao cloro residual que fica presente na superfícies destes. Sendo assim, o lactato de cálcio tem sido sugerido como uma alternativa para solucionar esse problema (UDOMKUN *et al.*, 2014; YANG *et al.*, 2017).

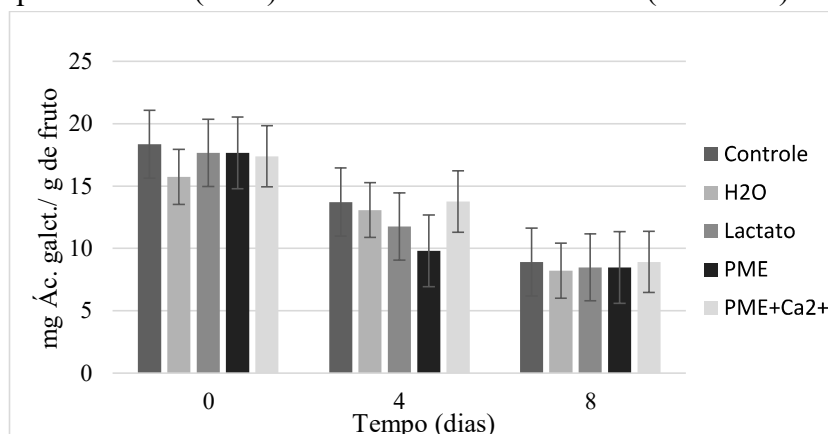
4.2. Teor de metanol e de ácido galacturônico no mamão minimamente processado com impregnação a vácuo de pectinametilesterase (PME) e lactato de cálcio

O teor de metanol e de ácido galacturônico presente nas amostras diminuíram em função do tempo em todos os tratamentos aplicados (Figura 4 e Figura 5). Como a quantificação destes compostos foram realizadas diretamente na amostra *in natura*, substituindo-se o método denominado Sólidos Insolúveis em Álcool (AIS), que precede tais análises, no qual é feita a extração da parede celular, houve interferência nas análises por outros constituintes que estão presentes naturalmente na composição do fruto. É possível observar que houve uma quantificação superior de metanol em mg/g do fruto (Figura 5) quando comparado ao teor de ácido galacturônico (Figura 4), o que impediu o cálculo do grau de metilação da pectina.

No tempo 0 é possível observar que os distintos tratamentos não diferiram significativamente ($p < 0,05$) com relação ao conteúdo de ácido galacturônico e de metanol presente nos cubos de mamão (Figura 4 e Figura 5). No quarto dia de armazenamento os mamões tratados com PME+C₆H₁₀CaO₆ apresentaram o maior conteúdo de ácido galacturônico e no oitavo dia de armazenamento o maior conteúdo de metanol, indicando uma ação mais efetiva da enzima PME e do cálcio nesse período, uma vez que a enzima atua na quebra da cadeia de ácido galacturônico, liberando o metanol.

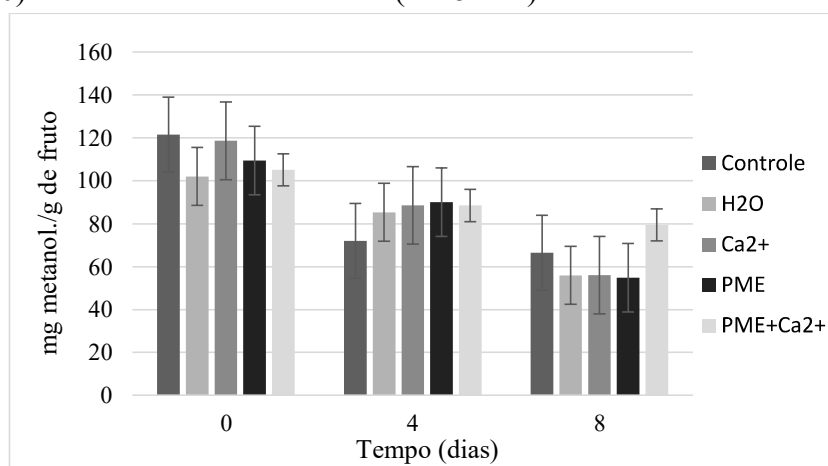
Este feito tardio da atuação da PME e do cálcio nesta situação, pode estar relacionado a quantidade de ligações presentes na molécula do lactato de cálcio, quando comparada por exemplo ao composto cloreto de cálcio. Esse processo foi observado por Batista (2015) na aplicação de PME e cálcio em manga minimamente processada, no quarto de dia de armazenamento as mangas tratadas PME e cloreto de cálcio (CaCl₂) apresentaram o menor grau de metilação, enquanto as mangas tratadas com PME e lactato de cálcio (C₆H₁₀CaO₆) obtiveram o menor grau de metilação no oitavo dia de armazenamento, indicando um efeito mais tardio do lactato de cálcio junto com a PME no aumento e manutenção da firmeza.

Figura 4. Teor de ácido galacturônico nos cubos de mamão minimamente processados após a infusão (dia 0) e durante o armazenamento (4 e 8 dias).



Tratamentos: Controle – sem infusão; H₂O – infusão com água; Ca²⁺ - infusão com lactato de cálcio; PME – infusão com a enzima pectinametilesterase e PME+Ca²⁺ - infusão com a enzima pectinametilesterase e o lactato de cálcio.

Figura 5. Teor de metanol nos cubos de mamão minimamente processados após a infusão (dia 0) e durante o armazenamento (4 e 8 dias).



Tratamentos: Controle – sem infusão; H₂O – infusão com água; Ca²⁺ - infusão com lactato de cálcio; PME – infusão com a enzima pectinametilesterase e PME+Ca²⁺ - infusão com a enzima pectinametilesterase e o lactato de cálcio.

Analisando as figuras 3, 4 e 5 observa-se que a combinação da enzima pectinametilesterase e do cálcio foi eficaz na desmetilação da pectina, liberando o metanol das cadeias de ácido galacturônico, expondo os ácidos carboxílicos favorecendo a interação com cálcio, formando o pectato de cálcio e assim melhorando a firmeza do mamão minimamente processado (BATISTA, 2015; YANG, *et al.*, 2017; CARNELOSSI *et al.*, 2018).

4.3.Integridade celular do mamão minimamente processado com impregnação a vácuo de pectinametilesterase (PME) e lactato de cálcio

O vazamento de eletrólitos do mesocarpo do mamão *Formosa* minimamente processado aumentou significativamente ($p < 0,05$) em função do tempo para todos os tratamento aplicados, com exceção do tratamento $\text{PME} + \text{C}_6\text{H}_{10}\text{CaO}_6$, para o qual também houve o aumento no vazamento eletrolítico, mas sem diferença significativa (Tabela 1). O vazamento de íons está diretamente relacionado a integridade das membranas celulares pois taxas elevadas de vazamento de eletrólitos indicam alterações na permeabilidade da membrana (KNOWLES *et al.*, 2000; VILLALTA; SARGENT, 2004).

Tabela 1. Vazamento de eletrólitos (%) nos cubos de mamão minimamente processados após a infusão (dia 0) e durante o armazenamento (4 e 8 dias).

Tratamentos	Tempos		
	0	4	8
Controle	$27,89 \pm 1,28^{bA}$	$34,55 \pm 0,88^{abA}$	$48,11 \pm 0,73^{aA}$
H ₂ O	$31,24 \pm 3,07^{bA}$	$38,99 \pm 2,93^{abA}$	$48,84 \pm 2,47^{aA}$
C ₆ H ₁₀ CaO ₆	$32,95 \pm 3,34^{bA}$	$39,38 \pm 2,34^{abA}$	$52,28 \pm 0,94^{aA}$
PME	$28,81 \pm 2,03^{bA}$	$37,19 \pm 2,65^{abA}$	$46,93 \pm 1,63^{aA}$
PME+C ₆ H ₁₀ CaO ₆	$30,57 \pm 1,77^{aA}$	$36,71 \pm 1,89^{aA}$	$40,47 \pm 2,35^{aA}$

*As médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. Tratamentos: Controle – sem infusão; H₂O – infusão com água; Ca²⁺ - infusão com lactato de cálcio; PME – infusão coma enzima pectinametilesterase e PME+Ca²⁺ - infusão com a enzima pectinametilesterase e o lactato de cálcio.

Apesar de não haver diferença significativa entre os tratamentos, no oitavo dia de armazenamento é possível observar que o tratamento $\text{PME} + \text{C}_6\text{H}_{10}\text{CaO}_6$ apresentou a menor porcentagem no vazamento de eletrólitos quando comparado aos demais tratamentos, indicando que o emprego destas substâncias consegue auxiliar na manutenção da integridade estrutural dos tecidos do mamão.

O complexo de cálcio e pectina, formado a partir da ação da PME, denominado como “caixa de ovos” atua como cimento, proporcionando firmeza ao tecido vegetal e contribuindo para a manutenção da integridade da membrana celular, promovendo o retardamento da maturação e senescência do fruto (AGHDAM *et al.*, 2012).

O amolecimento rápido do mamão recém cortado é uma fator limitante da sua vida de prateleira, pois torna-se inevitável a ruptura da parede celular e a consequente perda de integridade, uma vez que o corte da fruta libera enzimas pectinolíticas que vão se difundir

pelos tecidos provocando a degradação da pectina e a dissolução da parede celular. Além disso, o aumento na produção de etileno induzido pelos cortes, promove a atividade da poligalacturonase que enfraquece as estruturas da parede (TOIVONEN; BRUMMELL 2008; YANG *et al.*, 2017).

No estudo realizado por Ergun *et al.* (2006) visando prolongar a vida útil do mamão fresco recém cortado da cultivar “*Sunrise solo*” com aplicação de um antagonista do etileno denominado 1-metilciclopropeno (1-MCP), foi observado que o antagonista consegue retardar o vazamento de eletrólitos no produto recém cortado quando comparado a amostra controle. Ambas as amostras apresentaram um vazamento eletrolítico inicial relativamente baixo (15%), alcançando no décimo dia de armazenamento uma vazamento de eletrólitos próximo a 40% para amostra controle e de aproximadamente 23% para amostra tratada com o antagonista do etileno. A aplicação do 1-MCP atrasou significativamente a perda de qualidade do mamão maduro, resultando em uma extensão de 4 dias de validade.

No presente estudo o tratamento empregando PME+C₆H₁₀CaO₆ também conseguiu diminuir o vazamento eletrolítico, no oitavo dia de armazenamento, quando comparado aos demais tratamentos ao qual o mamão foi submetido.

4.4. Vitamina C do mamão minimamente processado com impregnação a vácuo de pectinametilesterase (PME) e lactato de cálcio

O conteúdo de vitamina C presente nos cubos de mamão minimamente processados apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) apenas para os tratamentos de infusão com água e infusão com C₆H₁₀CaO₆, os demais tratamentos não diferiram no teor de vitamina C em função do tempo (tabela 2).

Tabela 2. Vitamina C (mg/100g) nos cubos de mamão minimamente processados após a infusão (dia 0) e durante o armazenamento (4 e 8 dias).

Tratamentos	Tempos		
	0	4	8
Controle	53,99 ± 3,86 ^{aA}	56,50 ± 1,45 ^{aA}	51,05 ± 2,11 ^{aA}
H ₂ O	45,42 ± 2,92 ^{abA}	55,39 ± 0,92 ^{aA}	40,70 ± 2,97 ^{bA}
C ₆ H ₁₀ CaO ₆	43,81 ± 2,86 ^{abA}	53,99 ± 1,78 ^{aA}	39,61 ± 1,35 ^{bA}
PME	43,89 ± 2,21 ^{aA}	44,03 ± 2,34 ^{aA}	39,54 ± 0,30 ^{aA}
PME+C ₆ H ₁₀ CaO ₆	40,06 ± 1,41 ^{aA}	53,41 ± 2,89 ^{aA}	42,12 ± 1,93 ^{aA}

*As médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. Tratamentos: Controle – sem infusão; H₂O – infusão com água;

Ca²⁺ - infusão com lactato de cálcio; PME – infusão com a enzima pectinametilesterase e PME+Ca²⁺ - infusão com a enzima pectinametilesterase e o lactato de cálcio.

É possível observar que o conteúdo de vitamina C aumentou para todos os tratamentos entre a infusão a vácuo (dia 0) e o quarto dia de armazenamento. Esse aumento pode estar associado a síntese de ácido ascórbico nas condições em que o fruto se encontrava (armazenado a 5°C em embalagens de polipropileno) ou a perda de água pelo tecido vegetal durante o armazenamento (DEA *et al.*, 2010). Quando são armazenadas algumas frutas cítricas ou hortaliças podem apresentar retenção ou aumento nos teores de vitamina C (CARNELOSSI, 2004; BATISTA, 2015).

Entre o quarto e o oitavo dia de armazenamento o conteúdo de ácido ascórbico diminuiu em todos os tratamentos, diferindo significativamente ($p < 0,05$) nos tratamentos com infusão de H₂O e com infusão de C₆H₁₀CaO₆. A vitamina C é um componente antioxidante presente na matriz vegetal, podendo atuar como agente redutor e quelante na eliminação de radicais livres, decompondo-se durante o armazenamento para evitar a oxidação do fruto, levando a diminuição do seu conteúdo (ZERAATGAR *et al.*, 2018; ZHANG *et al.*, 2019). O teor de ácido ascórbico tende a diminuir com o armazenamento, devido aos danos provocados pelo processamento mínimo, que promove a desorganização celular e a consequente oxidação da vitamina C (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

4.5. Acidez titulável, pH e sólidos solúveis do mamão minimamente processado com impregnação a vácuo de pectinametilesterase (PME) e lactato de cálcio

A acidez titulável do mamão minimamente processado reduziu significativamente ($p < 0,05$) nos tratamentos com infusão de C₆H₁₀CaO₆ e com infusão de PME entre o dia da impregnação a vácuo (dia 0) e o oitavo dia de armazenamento (Tabela 3).

Tabela 3. Acidez titulável em ácido cítrico (%) dos cubos de mamão minimamente processados após a infusão (dia 0) e durante o armazenamento (4 e 8 dias).

Tratamentos	Tempos		
	0	4	8
Controle	0,10 ± 0,01 ^{aAB}	0,09 ± 0,01 ^{aA}	0,08 ± 0,01 ^{aA}
H ₂ O	0,06 ± 0,00 ^{aB}	0,08 ± 0,00 ^{aA}	0,06 ± 0,01 ^{aA}
C ₆ H ₁₀ CaO ₆	0,09 ± 0,01 ^{aAB}	0,07 ± 0,00 ^{abA}	0,05 ± 0,01 ^{bA}
PME	0,11 ± 0,01 ^{aA}	0,08 ± 0,01 ^{abA}	0,08 ± 0,01 ^{bA}
PME+C ₆ H ₁₀ CaO ₆	0,08 ± 0,01 ^{aAB}	0,07 ± 0,00 ^{aA}	0,06 ± 0,01 ^{aA}

*As médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. Tratamentos: Controle – sem infusão; H₂O – infusão com água;

Ca²⁺ - infusão com lactato de cálcio; PME – infusão com a enzima pectinametilesterase e PME+Ca²⁺ - infusão com a enzima pectinametilesterase e o lactato de cálcio.

As amostras controle e com infusão PME+C₆H₁₀CaO₆ não diferiram significativamente ($p < 0,05$) no conteúdo de acidez, em todos os tempos analisados (Tabela 3), demonstrando que a combinação da enzima PME com o cálcio foi eficaz em manter a acidez durante o armazenamento, sem alterar o seu conteúdo quando comparado a amostra controle.

Apesar dos tratamentos controle, água e PME+C₆H₁₀CaO₆ não terem apresentado diferença significativa ($p < 0,05$) ao longo do tempo, todos os tratamentos tiveram redução da acidez ao longo do armazenamento, podendo estar relacionado ao fato de os ácidos orgânicos serem os primeiros compostos consumidos durante o processo de respiração (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

É possível observar ainda que logo após a impregnação a vácuo o mamão tratado apenas com PME apresentou a maior porcentagem de acidez em ácido cítrico, diferindo significativamente ($p < 0,05$), por exemplo, do mamão tratado apenas com água. Esse comportamento pode ser explicado por um aumento na concentração de ácidos orgânicos resultantes da atuação da PME exógena e das demais enzimas pécnicas (PINTO *et al.*, 2011).

No estudo realizado por Reis *et al.* (2015) para caracterizar frutos de novos híbridos e linhagens de mamoeiro é relatado um teor de acidez titulável variando de 0,065 a 0,095% para as linhagens híbridas do mamão *Formosa* e de 0,073% para o cultivar comercial do mamão *Formosa*, valores estes semelhantes aos descritos no presente trabalho. Por sua vez, Chaves *et al.* (2011) avaliando a vida de prateleira do mamão *Formosa* minimamente processado acrescido de antioxidantes, relatou uma acidez titulável de 0,097% para a amostra controle e de 0,148% para o mamão minimamente processado tratado com ácido ascórbico.

Na tabela 4 é apresentado o potencial hidrogeniônico (pH) do mamão minimamente processado ao longo dos oito dias de armazenamento. É possível observar que não houve diferenças significativas ($p < 0,05$) no pH ao longo do tempo, com exceção do mamão tratado apenas com a enzima PME, para o qual houve diferença significativa entre os valores determinados no dia zero e no dia oito.

Analisando o tempo zero, verificou-se que o mamão minimamente processado tratado com PME reportou o menor valor do pH diferindo significativamente ($p < 0,05$), por exemplo, do mamão tratado apenas com água. Esse comportamento é justificado pelo

mesmo motivo que levou ao aumento da acidez deste tratamento no tempo zero, ou seja, logo após a impregnação a vácuo, estando associado a maior atuação das enzimas pécicas e consequente liberação de ácidos orgânicos, fazendo com que o pH torne-se mais ácido.

Tabela 4. pH dos cubos de mamão minimamente processados após a infusão (dia 0) e durante o armazenamento (4 e 8 dias).

Tratamentos	Tempos		
	0	4	8
Controle	5,7 ± 0,1 ^{aAB}	5,9 ± 0,0 ^{aA}	5,6 ± 0,1 ^{aA}
H ₂ O	5,9 ± 0,0 ^{aA}	5,8 ± 0,1 ^{aA}	5,7 ± 0,0 ^{aA}
C ₆ H ₁₀ CaO ₆	5,7 ± 0,2 ^{aAB}	5,9 ± 0,0 ^{aA}	5,8 ± 0,2 ^{aA}
PME	5,3 ± 0,3 ^{bB}	5,7 ± 0,3 ^{abA}	5,6 ± 0,1 ^{aA}
PME+C ₆ H ₁₀ CaO ₆	5,8 ± 0,1 ^{aA}	5,8 ± 0,1 ^{aA}	5,8 ± 0,2 ^{aA}

*As médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. Tratamentos: Controle – sem infusão; H₂O – infusão com água; Ca²⁺ - infusão com lactato de cálcio; PME – infusão coma enzima pectinametilesterase e PME+Ca²⁺ - infusão com a enzima pectinametilesterase e o lactato de cálcio.

No estudo de Cortez-Veja *et al.*, (2013), avaliando a conservação do mamão minimamente processado do cultivar *Formosa* com a aplicação de revestimento comestível a base de goma xantana, foi observado um resultado semelhante de pH ao do presente estudo, tanto para amostra controle, como para as amostras revestidas com a goma xantana em diferentes concentrações e combinadas com outros polímeros. Foram reportados valores entre 5,93 e 4,65 até o sétimo dia de armazenamento sob refrigeração.

Os resultados para sólidos solúveis (SS) do mamão minimamente processado estão apresentados na tabela 5.

Tabela 5. Sólidos solúveis (°Brix) dos cubos de mamão minimamente processados após a infusão (dia 0) e durante o armazenamento (4 e 8 dias).

Tratamentos	Tempos		
	0	4	8
Controle	10,8 ± 0,4 ^{aA}	10,2 ± 0,1 ^{aA}	9,8 ± 0,4 ^{aA}
H ₂ O	8,4 ± 0,4 ^{aB}	9,3 ± 0,2 ^{aA}	8,9 ± 0,4 ^{aA}
C ₆ H ₁₀ CaO ₆	8,8 ± 0,1 ^{aB}	8,8 ± 0,3 ^{aA}	9,1 ± 0,3 ^{aA}
PME	9,7 ± 0,1 ^{aAB}	8,8 ± 0,5 ^{aA}	8,8 ± 0,4 ^{aA}
PME+C ₆ H ₁₀ CaO ₆	8,9 ± 0,0 ^{aB}	8,7 ± 0,1 ^{aA}	8,8 ± 0,7 ^{aA}

*As médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. Tratamentos: Controle – sem infusão; H₂O – infusão com água;

Ca²⁺ - infusão com lactato de cálcio; PME – infusão com a enzima pectinametilesterase e PME+Ca²⁺ - infusão com a enzima pectinametilesterase e o lactato de cálcio.

Logo após a impregnação a vácuo, no tempo zero, é possível observar que houve redução no conteúdo de sólidos solúveis para todos os tratamentos, sendo que as amostras com infusão de H₂O, C₆H₁₀CaO₆ e PME+C₆H₁₀CaO₆ diferiram significativamente ($p<0,05$) em relação a amostra controle. No quarto e no oitavo dia de armazenamento, o conteúdo de SS mostrou-se semelhante estatisticamente ($p<0,05$) considerando-se os diferentes tratamentos.

Não houve diferenças significativas ($p<0,05$) no teor de sólidos solúveis em função do tempo de armazenamento, mas é possível observar que no tratamento com água houve aumento no conteúdo no quarta dia de armazenamento. No estudo realizado por Paixão *et al.* (2020) sobre o comportamento pós-colheita de pimentão verde após aplicação de PME e cálcio, foi observado no tratamento com infusão de água um comportamento similar, com aumento no conteúdo de sólidos solúveis do sexto para o nono dia de armazenamento de 3,1 para 5,0 °Brix.

Para o tratamento PME+C₆H₁₀CaO₆ é possível observar que o teor de sólidos solúveis praticamente não variou ao longo do armazenamento (tabela 5), demonstrando que este tratamento além de melhorar e manter a firmeza do tecido vegetal, não interfere negativamente nos parâmetros de qualidade do fruto. O teor de sólidos solúveis é um importante parâmetro de qualidade das frutas durante o armazenamento pós-colheita, estando diretamente relacionado ao amadurecimento, sendo que uma quantidade maior de sólidos solúveis também contribui para o sabor da fruta, principalmente a doçura (ZHANG *et al.*, 2019).

4.6.Frescor, danos e contaminação do mamão minimamente processado com impregnação a vácuo de pectinametilesterase (PME) e lactato de cálcio

No tempo zero todos os tratamentos receberam nota 9 (Tabela 6), indicando que todas as amostras tinham aparência fresca e alto brilho, ou seja, todos os tratamentos apresentavam o mesmo grau de frescor.

No quarto dia de armazenamento, apenas o mamão tratado com a enzima PME apresentou diferença significativa ($p<0,05$) no frescor, quando comparado ao dia zero. Este tratamento recebeu nota 6,3, apresentando uma aparência com baixo frescor e pouco brilho.

Os demais tratamentos obtiveram avaliação do frescor ≥ 7 , classificado como “bom”, indicando que as amostras ainda estavam frescas e brilhantes.

No oitavo dia de armazenamento o mamão com infusão de água teve seu frescor avaliado em 5,5 indicando que a amostra não possuía mais uma aparência fresca e estava sem brilho. É possível observar ainda, que os mamões tratados com PME+C₆H₁₀CaO₆ e apenas com C₆H₁₀CaO₆ não diferiram significativamente ($p < 0,05$) no frescor ao longo do armazenamento, sendo que no último dia de armazenamento o tratamento combinado da enzima PME com o cálcio apresentou a maior nota para avaliação do frescor 7,0, indicando que a amostra permanecia fresca e brilhante.

Tabela 6. Frescor dos cubos de mamão minimamente processados após a infusão (dia 0) e durante o armazenamento (4 e 8 dias).

Tratamentos	Tempos		
	0	4	8
Controle	9,0 \pm 0,0 ^{aA}	7,0 \pm 0,5 ^{abA}	6,3 \pm 0,3 ^{bA}
H ₂ O	9,0 \pm 0,0 ^{aA}	7,0 \pm 0,0 ^{abA}	5,5 \pm 0,3 ^{bA}
C ₆ H ₁₀ CaO ₆	9,0 \pm 0,0 ^{aA}	7,2 \pm 0,6 ^{aA}	6,8 \pm 0,4 ^{aA}
PME	9,0 \pm 0,0 ^{aA}	6,3 \pm 0,6 ^{bA}	6,2 \pm 0,3 ^{bA}
PME+C ₆ H ₁₀ CaO ₆	9,0 \pm 0,0 ^{aA}	7,8 \pm 0,3 ^{aA}	7,0 \pm 0,2 ^{aA}

*As médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. Tratamentos: Controle – sem infusão; H₂O – infusão com água; Ca²⁺ - infusão com lactato de cálcio; PME – infusão com a enzima pectinametilesterase e PME+Ca²⁺ - infusão com a enzima pectinametilesterase e o lactato de cálcio.

A redução do frescor está associado a fatores como a perda de água, danos mecânicos, brilho e contaminação (BATISTA, 2015). O frescor e a textura da fruta são fatores importantes na aceitação por parte do consumidor o que pode limitar o aspecto de aceitação quando o alimento é muito diferente do que o consumidor espera (SHEWFELT, 1999). O mamão minimamente processado é conveniente, mas o catabolismo acelerado dos componentes da parede celular e a perda de fluido, resultam na diminuição da firmeza e na perda do frescor (KARAKURT; HUBER, 2003; YANG *et al.*, 2017). Sendo assim, a impregnação a vácuo de PME+Ca²⁺ mostra-se como uma alternativa eficaz para evitar a deterioração deste fruto, mantendo o frescor e melhorando a firmeza do mamão durante o armazenamento.

Na tabela 7 são apresentados os resultados para danos no mamão minimamente processado ao longo do tempo de armazenamento. É possível observar que não houve

diferenças significativas ($p < 0,05$) no tempo zero, entre os tratamentos, pois não houve tempo suficiente para que os distintos tratamentos influenciasse no aparecimento de danos.

Tabela 7. Danos (%) nos cubos de mamão minimamente processados após a infusão (dia 0) e durante o armazenamento (4 e 8 dias).

Tratamentos	Tempos		
	0	4	8
Controle	$0,0 \pm 0,0^{bA}$	$6,7 \pm 5,8^{abA}$	$26,7 \pm 5,8^{aAB}$
H ₂ O	$0,0 \pm 0,0^{aA}$	$13,3 \pm 5,8^{aA}$	$40,0 \pm 10,0^{bA}$
C ₆ H ₁₀ CaO ₆	$0,0 \pm 0,0^{aA}$	$0,0 \pm 0,0^{aA}$	$6,7 \pm 5,8^{aB}$
PME	$0,0 \pm 0,0^{bA}$	$30,0 \pm 10,0^{aA}$	$20,0 \pm 10,0^{abAB}$
PME+C ₆ H ₁₀ CaO ₆	$0,0 \pm 0,0^{aA}$	$0,0 \pm 0,0^{aA}$	$6,7 \pm 5,8^{aB}$

*As médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. Tratamentos: Controle – sem infusão; H₂O – infusão com água; Ca²⁺ - infusão com lactato de cálcio; PME – infusão com a enzima pectinametilesterase e PME+Ca²⁺ - infusão com a enzima pectinametilesterase e o lactato de cálcio.

No quarto dia de armazenamento é possível observar que o mamão tratado apenas com a enzima PME apresentou a maior porcentagem de danos na estrutura do tecido vegetal. Esse comportamento é explicado pois a enzima PME atua na fração da pectina que compõe a parede celular catalisando a desmetilação da pectina, danificando os elos horizontais da cadeia polissacarídica ácida, levando à separação celular e a diminuição da firmeza, aumentando a porcentagem de danos no produto minimamente processado (BRUMMEL *et al.*, 2004; ZHANG *et al.*, 2019).

Os tratamentos com C₆H₁₀CaO₆ e com PME+C₆H₁₀CaO₆ tiveram comportamento semelhante ao longo do tempo (Tabela 7), sendo que ambos reduziram o aparecimento de danos durante o armazenamento, quando comparados aos demais tratamentos. Isso pode ser explicado pelo fato do cálcio conseguir inibir a ação da PME endógena e com isso manter a estrutura da parede celular, porém esse comportamento não consegue manter, nem aumentar a firmeza do fruto (YAMAMOTO *et al.*, 2011; BATISTA, 2015). Por outro lado, quando ocorre a impregnação a vácuo de PME+C₆H₁₀CaO₆, ocorre a formação do pectato de cálcio e da estrutura denominada “caixa de ovos”, que melhora e mantém a firmeza do fruto ao longo do armazenamento, evitando assim o aparecimento de danos na sua estrutura (CARNELOSSI *et al.*, 2018).

Durante o período de armazenamento não foi observado a incidência de contaminação nos cubos de mamão minimamente processados submetidos a diferentes

tratamentos. Não houve a ocorrência de podridão pós-colheita e/ou o crescimento de fungos visíveis, como pode ser observado na figura 6.

Figura 6. Contaminação dos cubos de mamão minimamente processados após a infusão (dia 0) e durante o armazenamento (4 e 8 dias).



* Tratamentos: Controle – sem infusão; H₂O – infusão com água; Ca²⁺ - infusão com lactato de cálcio; PME – infusão com a enzima pectinametilesterase e PME+Ca²⁺ - infusão com a enzima pectinametilesterase e o lactato de cálcio.

Fonte: autoria própria.

5. CONCLUSÕES

O uso da infusão a vácuo de PME e lactato de cálcio em mamão minimamente processado mostrou-se uma alternativa para preservar a firmeza do produto da variedade *Formosa*. O tratamento que empregou PME+C₆H₁₀CaO₆ foi eficaz em manter e melhorar a qualidade do mamão ao longo dos oito dias de armazenamento. A firmeza do produto aumentou no oitavo dia de armazenamento, devido a ação da PME na desmetilação da pectina facilitando a associação do cálcio, sendo observado também no oitavo dia o menor vazamento de eletrólitos.

Além disso, foi observado que o processo de impregnação a vácuo de PME+Ca²⁺, não influenciou negativamente nos parâmetros de qualidade do produto, uma vez que o conteúdo de vitamina C, sólidos solúveis, pH e acidez foram mantidos após o processamento e ao longo do armazenamento.

Por fim, houve aumento da vida útil do mamão minimamente processado, por meio da manutenção do frescor, diminuição dos danos e pela ausência de contaminação no produto.

6. PERSPECTIVAS

Outras experiências e análises podem ser feitas para investigar com mais detalhes o efeito da infusão a vácuo com PME e cálcio em mamão minimamente processado, bem como, uma análise sensorial para verificar a aceitabilidade deste produto pelo consumidor.

Pretende-se ainda, finalizar a redação e publicar um artigo com os dados coletados durante esta pesquisa.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, C. M. P.; CARVALHO, V. D.; GONÇALVES, N. B. Cuidados pós-colheita e qualidade do abacaxi para exportação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 19, n. 195, p. 70-72, 1998.

AGHDAM, M.S.; HASSANPOURAGHDAM, M.B.; PALIYATH G.; FARMANI, B. The language of calcium in postharvest life of fruits, vegetables and flowers. **Scientia Horticulturae**, v.144, p. 102-115, 2012.

AGUAYO, E.; REQUEJO-JACKMAN, C.; STANLEY, R.; WOOLF, A. Hot water treatment in combination with calcium ascorbate dips increases bioactive compounds and helps to maintain fresh-cut apple quality. **Postharvest Biology and Technology**, v.110, p. 158-165, 2015.

AHMED, A. E. R.; LABAVITCH, J. M. A simplified method for accurate determination of cell wall uronide content. **Journal of food Biochemistry**, v.1, p. 361-365, 1977.

ANTUNES, L. E. C.; GONÇALVES, E. D.; TREVISAN, R. Alterações da atividade da poligalacturonase e pectinametilesterase em amora-preta (*rubus spp.*) durante o armazenamento. **Revista Brasileira Agrociência**, Pelotas, v. 12, n. 1, p. 63-66, jan-mar, 2006.

A.O.A.C. (Association of Official Analytical Chemists). **Official methods of analysis**, 14ed., Arlington: A.O.A.C., 1984.

BANJONGSINSIRI, P.; KENNEY, S.; WICKER, L. Texture and distribution of pectic substances of mango as affected by infusion of pectinmethylesterase and calcium. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.84, p.1493-1499, 2004.

BATISTA, M. C. A. **Aplicação de pectina metilesterase e cálcio em manga minimamente processada**, 2015. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Sergipe, 2015.

BRUMMELL, D. A.; CIN, V. D.; CRISOSTO, C. H.; LABAVITCH, J. M. Cell wall metabolism during maturation, ripening and senescence of peach fruit. **Journal of Experimental Botany**, v.55, p. 2029-2039, 2004.

CARNELOSSI, M. A. G.; BRECHT, J. A.; HUBER, D.; CARVALHO, L. M.; SARGENT, S. A. Vacuum infusion of pectin methylesterase and calcium maintains firmness of the fresh-cut strawberry. **29 Actas Portuguesas de Horticultura**, 1ª edição, p. 132-140, 2018.

CARNELOSSI, M. A.; TOLEDO, W. F. F.; SOUZA, D. C. L.; LIRA, M. L.; SILVA, G. F.; JALALI, V. R. R.; VIÉGAS, P. R. A. Conservação pós-colheita de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes). **Ciênc. agrotec.**, v. 28, n. 5, p. 1119-1125, 2004.

CHAVES, K. F.; TEIXEIRA, L. C.; SILVA, V. R. O.; MARTINS, A. D. O.; MARTINS, E. M. F.; RAMOS, A. L. S. Avaliação da vida de prateleira do mamão “formosa” minimamente processado acrescido de antioxidantes. **Holos**, v. 1, p. 30-37, 2011.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, v. 1, 2005.

CORTEZ-VEGA, W. R.; PIOTROWICZ, I. B. B.; PRENTICE, C.; BORGES, C. D. Conservação de mamão minimamente processado com uso de revestimento comestível à base de goma xantana. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 4, p. 1753-1764, 2013.

DANTAS, J. L. L.; JUNGHANS, D. T.; LIMA, J. F. **Mamão: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. 2 ed., Embrapa, Brasília, 2013.

DEA, S.; BRECHT, J. K.; NUNES, N. C. M.; BALDWIN, E. A. Occurrence of chilling injury in fresh-cut 'Kent' mangoes. **Postharvest Biology and Technology**, v.57, p.61-71, 2010.

DEGRAEVE, P.; SAUREL, R.; COUTEL, Y. Vacuum impregnation pretreatment with pectin methylesterase to improve firmness of pasteurized fruits. **Journal of Food Science**, v.68, p.716-721, 2003.

DEROSSI, A.; PILLI, T.; SEVERINI, C. Application of vacuum impregnation techniques to improve the pH reduction of vegetables: study on carrots and eggplants. **Food and Bioprocess Technology**, v.6, p. 3217-3226, 2013.

DURIGAN, J. F. O processamento mínimo de frutas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 16, 2000, Fortaleza. **Palestra...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2000.

ERGUN, M.; HUBER, D. J.; JEONG, J.; BARTZ, J. A. Extended shelf life and quality of fresh-cut papaya derived from ripe fruit treated with the ethylene antagonist 1-methylcyclopropene. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 131, p. 97-103, 2006.

FONTES, R. V.; SANTOS, M. P.; FALQUETO, A. R.; SILVA, D. M. Atividade da pectina metilesterase e sua relação com a perda de firmeza da polpa de mamão CV. Sunrise Solo e Tainung. **Revista Brasileira Fruticultura, Jaboticabal**, v. 30, n.1, p. 54-58, 2008.

FRAEYE, I.; KNOCKAERT, G.; VAN BUGGENHOUT, S.; DUVETTER, T.; HENDRICKX, M.; VAN LOEY, A. Enzyme infusion and thermal processing of strawberries: Pectin conversions related to firmness evolution. **Food Chemistry**, v.114, p.1371-1379, 2009.

GIONGO, L.; PONCETTA, P.; LORETTI, P.; COSTA, F. Texture profiling of blueberries (*Vaccinium* spp.) during fruit development, ripening and storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 76, p. 34-39, 2013.

GUILLEMIN, A.; GUILLON, F.; DEGRAEVE, P.; RONDEAU, C.; DEVAUX, M. F.; HUBER, F.; BADEL, E.; SAUREL, R.; LAHAYE, M. Firming of fruit tissues by vacuum-

infusion of pectin methylesterase: Visualisation of enzyme action. **Food Chemistry**, v.109, p. 368-378, 2008.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4^a ed., 1^a ed. digital, São Paulo: 2008.

JACOMINO, A. P.; SARGENT, S. A.; BERRY, A. D.; BRECHT, J. K. Potential for grading, sanitizing, and hydrocooling fresh strawberries. **Proc. Fla. State hort. Soc.**, v. 124, p. 221-226, 2011.

KARAKURT, Y.; HUBER, D. J. Activities of several membrane and cell-wall hydrolases, ethylene biosynthetic enzymes, and cell wall polyuronide degradation during low-temperature storage of intact and fresh-cut papaya (*Carica papaya*) fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 28, p. 219-229, 2003.

KNOWLES, L.; TRIMBLE, M. R.; KNOWLES, N. R. Phosphorus status affects postharvest respiration, membrane permeability and lipid chemistry of european seedless cucumber fruit (*Cucumis sativus* L.). **Postharvest Biol. Technol.**, v. 21, p. 179-188, 2000.

KOHLI, P.; KALIA, M.; GUPTA, R. Pectin methylesterase: a review. **Journal of Bioprocessing & Biotechniques**, v.5, p. 1-7, 2015.

LARA, I.; GARCIA, P.; VENDRELL, M. Modifications in cell wall composition after cold storage of calcium-treated strawberry (*Fragaria* × *Ananassa* Duch.) fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 34, p. 331-339, 2004.

LIMA, L. C. O.; SCALON, S. P. Q.; SANTOS, J. E. S. Qualidade de mangas (*Mangifera indica*) cv. 'Haden' embaladas com filme de PVC durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 18, n. 1, p. 55-63, 1996.

LIU, H.; CHEN, F.; LAI, S.; TAO, J.; YANG, H.; JIAO, Z. Effects of calcium treatment and low temperature storage on cell wall polysaccharide nanostructures and quality of postharvest apricot (*Prunus armeniaca*). **Food Chemistry**, v.225, p. 87-97, 2017.

MA, L.; ZHANG, M.; BHANDARI, B.; GAO, Z. Recent developments in novel shelf life extension technologies of fresh-cut fruits and vegetables. **Trends Food Sience and Technology**, v.64, p. 23-38, 2017.

NEVES, J. M. M. G. C. **Efeito de uma pectina metilesterase na firmeza de pedaços de morango**, 2012, p: 57. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia), Universidade de Aveiro, Departamento de Química. Portugal. 2012.

PAIXÃO, A. R. C. **Ação da pectina metilesterase e cloreto de cálcio no armazenamento e controle da podridão-mole em pimentão**. 2016. Dissertação (Pós-Graduação em Agricultura e Biodiversidade) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, 2016.

PAIXÃO, A. R. C.; OLIVEIRA JÚNIOR, L. F. G.; FONTES, P. T. N.; OLIVEIRA, A. P.; CARNELOSSI, M. A. G.; SIMÕES, A. M. Post-harvest behavior of green peppers after pectin methyl esterase and calcium chloride application. **Emir. J. Food Agric.**, v. 32, p. 213-219, 2020.

PINTO, L. K. A.; MARTINS, M. L. L.; RESENDE, E. D.; THIÉBAUT, J. T. L. Atividade da pectina metilesterase e da β -galactosidase durante o amadurecimento do mamão cv. Golden. **Rev. Bras. Frutic.**, v. 33, n. 3, p. 713-722, 2011.

REIS, R. C.; VIANA, E. S.; JESUS, J. L.; DANTAS, J. L. L.; LUCENA, R. S. Caracterização físico-química de frutos de novos híbridos e linhagens de mamoeiro. **Pesq. agropec. bras.**, v.50, n.3, p. 210-217, 2015.

SILVA, E. O.; PINTO, P. M.; JACOMINO, P. A.; SILVA, L. T. **Processamento mínimo de produtos hortifrutícolas**. Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, 2011.

SIRIJARIYAWAT, A.; CHAROENREIN, S. e BARRETT, D. M. Texture improvement of fresh and frozen mangoes with pectin methylesterase and calcium infusion. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.92, p. 2581-2586, 2012.

SHEWFELT, R. L. What is quality?. **Postharvest Biology and Technology**, n. 15, p: 197-200, 1999.

TEIXEIRA, G. H. A.; DURIGAN, J. F.; MATTIUZ, B. H.; ROSSI JÚNIOR, O. D. Processamento mínimo de mamão “Formosa”. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.21, n.1, p.47-50, 2001.

TOIVONEN, P. M. A.; BRUMMELL, D. A. Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, v. 48, p. 1–14, 2008.

UDOMKUN, P.; MAHAYOTHEE, B.; NAGLE, M.; MÜLLER, J. Effects of calcium chloride and calcium lactate applications with osmotic pretreatment on physicochemical aspects and consumer acceptances of dried papaya. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 49, p. 1122-1131, 2014.

VILLALTA, A. M.; SARGENT, S. A. Response of beilt alpha-type cucumbers (*Cucumis sativus* L., manar) to contínuos ethylene exposure. **Proc. Fla. State hort. Sci.**, vol. 117, p. 368-372, 2004.

WERNER, E. T.; JUNIOR-OLIVEIRA, L. F. G. D. E.; BONA, A. P. D.; CAVATI, B.; GOMES, T. D. U. H. Efeito do cloreto de cálcio na pós-colheita de goiaba ‘Cortibel’. **Bragantia**, v.68, p.511-518, 2009.

WOOD, P. J.; SIDDIQUI, I. R. Determination of metanol and its application to measurement of pectin ester content and pectin methyl esterase activity. **Analytical Biochemistry**, v. 39, p. 418-428, 1971.

YAMAMOTO, E. L. M.; FERREIRA, R. M. A.; FERNANDES, P. L. O.; ALBUQUERQUE, L. B.; ALVES, E. O. Função do cálcio na degradação da parede celular vegetal dos frutos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável Grupo Verde de Agricultura Alternativa**, v. 6, n. 2, p. 49-55, 2011.

YANG, H.; WU, Q.; NG, L. Y.; WANG, S. Effects of vacuum impregnation with calcium lactate and pectin methylesterase on quality attributes and chelate-soluble pectin morphology of fresh-cut papayas. **Food and Bioprocess Technology**, v.10, p. 901-913, 2017.

ZERAATGAR, H.; DAVARYNEJAD, G. H.; MORADINEZHAD, F.; ABEDI, B. Effect of salicylic acid and calcium nitrate spraying on qualitative properties and storability of fresh jujube fruit (*Ziziphus jujube* Mill.). **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**, v. 46, p. 138-147, 2018.

ZHANG, C.; XIONG, Z.; YANG, H.; WU, W. Changes in pericarp morphology, physiology and cell wall composition account for flesh firmness during the ripening of blackberry (*Rubus* spp.) fruit. **Scientia Horticulturae**, v. 250, p. 59-68, 2019.

8. OUTRAS ATIVIDADES

- ✓ Participou do 10th ISTI - International Symposium on Technological Innovation (2019), realizado pela Associação Acadêmica de Propriedade Intelectual, na função ouvinte, com carga horária de 30 horas.
- ✓ Participou do minicurso intitulado “Technological Solutions with a Focus on Intellectual Property” ofertado no 10th ISTI - International Symposium on Technological Innovation (2019), realizado pela Associação Acadêmica de Propriedade Intelectual, com carga horária de 4 horas.
- ✓ Apresentou o trabalho intitulado “Estabilidade de manteigas enriquecidas com carotenoides de pimentão e abóbora” como banner no 10th ISTI - International

Symposium on Technological Innovation (2019), realizado pela Associação Acadêmica de Propriedade Intelectual.

- ✓ Publicou o artigo intitulado “Estabilidade de manteigas enriquecidas com carotenoides de pimentão e abóbora” na Revista INGI, v .3, n. 4, p. 490-502, em 2019.
- ✓ Participou da atividade de extensão “Gerenciamento de referências bibliográficas: Mendeley” ofertado VI SEMAC - 29º EIC/COPES (2019), com carga horária de 4 horas.
- ✓ Apresentou do trabalho intitulado "Padronização das Condições de Processamento do Amendoim Verde Cozido" no 29º Encontro de Iniciação Científica da UFS (2019).
- ✓ Teve o trabalho intitulado “New methodological adaptations for total phenolic compounds quantification in vegetable matrices” apresentado no 13º SLACA - Simpósio Latino Americano de Ciência de Alimentos: “O Futuro do Alimento”, na categoria pôster (2019).
- ✓ Participou da VII Semana Acadêmica de Engenharia de Alimentos com o tema: “A Inovação da Engenharia de Alimentos com o Envolvimento Social” (2019), realizado pelo CAEA - Centro Acadêmico de Engenharia de Alimentos, na função ouvinte, com carga horária de 20 horas.
- ✓ Participou do minicurso intitulado “Processamento de Linguiça”, ofertado na VII Semana Acadêmica de Engenharia de Alimentos com o tema: “A Inovação da Engenharia de Alimentos com o Envolvimento Social” (2019), realizado pelo CAEA - Centro Acadêmico de Engenharia de Alimentos, com carga horária de 4 horas.
- ✓ Participou do 1º Webinar em Ciência e Tecnologia de Alimentos (2020) realizado pelo PetEngAli da Universidade Federal de Goiás e pelo Instituto Federal de Goiás, na função ouvinte, com carga horária de 20 horas.
- ✓ Participou do curso online “Boas Práticas em Serviços de Alimentação” (2020) oferecido pelo Sebrae – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas, com carga horária de 40 horas.
- ✓ Participou do I COICTA – International Online Congress of Food Science and Technology – “Food Security: Strategies in the Pandemic Period” (2020), realizado pela Universidade Federal de São João Del Rei e pelo Instituto Federal de Minas Gerais - Campus Salinas, na função ouvinte, com carga horária de 20 horas.

- ✓ Participou do curso online “Intensivão RT e Consultoria em Alimentos” (2020), realizado pela InsiTec, com carga horária de 8 horas.
- ✓ Participou do “Workshop sobre Validação de Higienização” (2020), realizado pela Alimentar Consultoria e CRQ-IV, com carga horária de 4 horas.
- ✓ Participou do 1º Webinar de Engenharia de Alimentos da UFS (2020), realizado pelo CAEA - Centro Acadêmico de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Sergipe, com carga horária de 6 horas.